

УДК 691.542

Л.В. Пагина¹, Д.А. Дадунашвили²L. V. Pagina¹, D.A. Dadunashvili²¹Пермский национальный исследовательский политехнический университет²Perm National Research Polytechnic University¹ООО «Кедрон», г. Пермь²LLC "Kedron", Perm

МОДИФИКАЦИЯ ЦЕМЕНТНОГО ВЯЖУЩЕГО ТОНКОМОЛОТЫМ БАЗАЛЬТОВЫМ ПОРОШКОМ

BASALT POWDER MODIFICATION OF THE CEMENT BINDER

В настоящее время активно развивается направление по модификации цементного вяжущего. Применение тонкомолотого базальтового порошка с этой целью является весьма перспективным. Данная добавка может оказывать положительное влияние на физико-механические свойства бетона, а также позволяет снизить его стоимость (уменьшить расход цемента). Кроме того, использование тонкомолотого базальтового порошка в бетонах способствует снижению вредного воздействия на окружающую среду отходов производства, связанных с добычей и переработкой базальта.

Ключевые слова: тонкомолотый базальтовой порошок, базальтовое волокно, цементный раствор, расход цемента.

Direction of cement binder modification is developing now. Application of fine basalt powder for this purpose is very promising. This additive can be a positive influence on physical and mechanical properties of concrete, as well as reduce its cost (to reduce the consumption of cement). In addition, the use of fine basalt powder in concrete helps to reduce the harmful environmental impact of waste products associated with the production and processing of basalt.

Keywords: fine basalt powders, basalt fiber, cement mortar, cement consumption.

На сегодняшний день большая часть строительных работ ведется с применением бетона. Известно, что в себестоимости бетонных изделий есть две важнейшие составляющие: цемент и нерудные материалы. От состояния рынка этих компонентов бетона в конечном итоге зависят стоимость, качество и сроки строительства. Использование при производстве бетона новых эффективных модификаторов структуры и свойств, композиционных вяжущих веществ, тонкодисперсных добавок, волокнистых наполнителей и попытка совершенствования с учетом их воздействия структуры и технологии бетона позволяют повысить прочность бетона и получить его новые виды с улучшенными свойствами.

Попытка отказаться или частично заменить цемент ведет к созданию новых, современных технологических линий с большими капиталовложениями.

В связи с этим актуальной остается задача снижения расхода цемента в бетонах при помощи различных факторов (таблица), в том числе за счет его модификации различными добавками [1, 2].

Основные технологические факторы, влияющие на расход цемента

№ п/п	Основные факторы	Изменяемые параметры
1	Цемент	Тонкость помола, водопотребление, соответствие применяемой марке, повышение активности, набор прочности, уменьшение потерь при транспортировании, использование цемента с минеральными добавками
2	Наполнители	Выдерживание гранулометрического состава, оптимальная форма зерен, фракционирование заполнителей, доля мелкой фракции, подготовка заполнителей
3	Минеральные добавки	Тонкость помола, реактивность, водопотребление, форма зерен
4	Химические добавки	Эффективность, совместимость, содержание щелочи и хлорида
5	Наномодификаторы и вода затворения	Совместимость, физическая активация воды
6	Технологические параметры	Точность дозирования компонентов, способ перемешивания, транспортировка, укладка и уплотнение бетонной смеси и последующая обработка бетона
7	Оптимизация состава с учетом технологических и нормативных ограничений	–

Из перечисленных факторов, влияющих на расход цемента, наиболее перспективным и доступным является вариант модификации цементного состава минеральными добавками. Они вводятся в больших количествах (50–150 кг/м³ и более) и оказывают благоприятное влияние на реологические свойства пластичного бетона, степень гидратации портландцемента, прочность и проницаемость затвердевшего бетона, сопротивление трещинообразованию при тепловой обработке и т.д. [1, 2].

Минеральные добавки отличаются от мелкого заполнителя более мелкой фракцией зерен (менее 0,16 мм), а от химических модификаторов – тем, что они не растворяются в воде, являясь тонкодисперсной составляющей твердой фазы бетона. Располагаясь вместе с цементом в пустотах заполнителя, они уплотняют структуру бетона, в ряде случаев позволяя уменьшить расход цемента.

В отдельную группу минеральных добавок можно отнести тонкомолотые минеральные добавки.

Различают тонкомолотые минеральные добавки природного и техногенного происхождения. В качестве последних применяют золы ТЭС, шлаки, пыль производства ферросплавов и другие дисперсные материалы, имеющие различный минералогический состав и дисперсность, от которых и зависит эффективность их применения в цементах и бетонах. Применение данных добавок может повысить прочностные характеристики, морозостойкость, удобоукладываемость, а также получать составы повышенной плотности, что положительно сказывается на водонепроницаемости изделий и конструкций. Однако улучшение определенных свойств зачастую приводит к снижению или ухудшению других показателей. Например, микрокремнезем отличается малым размером частиц (0,1–0,5 мкм) и высокой удельной поверхностью (18–25 м²/г). Располагаясь в порах цементного камня, он способствует повышению плотности и, соответственно, прочности, непроницаемости и долговечности бетона, однако его применение приводит к повышению водопотребности бетонной смеси, что влечет за собой применение пластифицирующих добавок. Использование добавок техногенного происхождения актуально также в связи с проблемой их утилизации и складирования [3].

Природные минеральные добавки получают путем тонкого измельчения различных горных пород вулканического (базальт, туфы, пеплы, трассы) или осадочного (диатомит, трепел, опока) происхождения. Минеральные добавки вулканического или осадочного происхождения состоят в основном из кремнезема и глинозема (70–90 %), которые в известной мере определяют их пуццолановую активность (способность тонкоизмельченного материала в присутствии извести проявлять гидравлические свойства). Увеличивают пуццолановую активность материала повышение тонкости помола, а также наличие щелочей. Эти добавки широко применяются при производстве цемента.

В строительной индустрии в последние годы повышенный интерес проявляется к использованию базальтовых горных пород при производстве различных строительных материалов и изделий. Особенно перспективным является применение базальтового сырья в бетонах, в таких формах, как крупный заполнитель, армирующее волокно, минеральная добавка. С точки зрения экономии цемента актуальной является частичная замена цемента тонкомолотым базальтовым порошком [4, 5].

Сырье для производства тонкомолотого базальтового порошка можно получить несколькими способами, например: измельчением более крупных пород механическим способом или помолом отходов от производства непрерывного базальтового волокна до крупности 2–10 мкм (рисунок). Последний вариант представляется наиболее выгодным как с экономической, так и с функциональной точки зрения, так как он позволяет существенно экономить первичное сырье (полезные ископаемые) и, таким образом, эффективно решать проблему ресурсосбережения.



Рис. Тонкомолотое базальтовое волокно

По своим свойствам тонкомолотый базальт имеет ряд преимуществ и особенностей, в числе которых отсутствие запаха и химических примесей, однородность состава (базальтовое волокно производится по одностадийной технологии путем расплава различных горных пород, близких по химическому составу: базальта, базанитов, амфиболитов, габбро-диабазов или их смесей – при его свободном вытекании через специальные устройства – фильеры, изготовленные из платины или других жаростойких металлов) [6]. Кроме того, его применение позволит реализовать один из основных принципов устойчивого развития – рациональное использование природных ресурсов [3].

На сегодняшний день ряд ученых рассматривают вопросы модификации портландцемента тонкомолотым базальтовым порошком, полученным из отходов производства базальтового ровинга или дробления базальтовой породы с целью улучшения реологических и физико-механических характеристик композита [7–9].

Так, по результатам исследований Б.С. Баталина, К.А. Сарайкиной, при введении 9–13 % тонкомолотого базальтового стекла с удельной поверхностью до $4500 \text{ см}^2/\text{г}$ в цементное тесто прочность образцов после пропаривания превысила прочность контрольного состава в 2,16–2,31 раза [7].

Согласно исследованиям, проведенным Veronika Kmecova и Zuzana Stefunkova [8, 10], при модифицировании цементного раствора базальтовым порошком в количестве 10, 20 и 30 % от веса цемента (замена цемента) можно сделать вывод о положительном влиянии модифицирующей добавки на реологические и физико-механические свойства бетона, базальтовый порошок может быть использован при производстве бетонов с улучшенными свойствами.

Содержание в растворе 15 % тонкомолотого базальта от массы цемента оказало пластифицирующий эффект, введение же 20 % базальтового порошка негативно повлияло на консистенцию раствора (снизилась удобоукладываемость).

Положительный эффект при введении базальтового порошка наблюдался в отношении прочности при сжатии. Достижение наибольшей прочности отмечается при введении базальтового порошка в количестве 10 % от массы цемента. Увеличение количества базальтового порошка более чем на 10 % приводит к снижению прочности на сжатие. Снижение прочности может зависеть от высокого содержания мелкозернистых частиц в смеси. Эти частицы имеют большую удельную поверхность, и, следовательно, требуется большее количество воды затворения для смачивания их поверхности [8, 10].

Полученные результаты дают новое видение в применении побочных продуктов производства базальтового волокна в технологии бетона. Использование базальтового стекловидного порошка в качестве минеральной добавки для улучшения свойств бетона и бетонной смеси на цементной основе (снижение расхода цемента) представляется весьма перспективным.

Таким образом, целью дальнейшего исследования являются разработка и исследование состава и технологии приготовления бетонных смесей с минимальными расходами цемента за счет применения тонкомолотого базальтового волокна.

Список литературы

1. Черниговский А.В. Внедрение новых технологий в производство бетонных изделий с целью экономии цемента [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.allbeton.ru> (дата обращения: 15.09.2016).
2. Черниговский А.В. Внедрение новых технологий в производство бетонных изделий с целью экономии энергии и цемента [Электронный ресурс] // ЖБИ. – 2010. – № 2. – URL: <http://gbi-magazine.ru/index.php/shop/2013/n2-2010> (дата обращения: 23.09.2016).
3. Дворкин Л.И., Дворкин О.Л. Строительные материалы из отходов промышленности. – Ростов н/Д: Феникс, 2007. – 368 с.
4. Сарайкина К.А., Голубев В.А. Изучение путей повышения эффективности применения базальтовых волокон в цементных системах // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Журнал магистров. – 2013. – № 1. – С. 229-238.
5. Базальтовое непрерывное волокно [Электронный ресурс]. – URL: <http://nzsv.ru/bazaltovoe-nepregrivnoe-voлокno.html> (дата обращения: 25.09.2016).
6. Деревянко В.Н., Саламаха Л.В. Дисперсно-армированные растворы для устройства стяжек полов // Строительство, материаловедение, машиностроение. – 2009. – № 3. – С. 14.
7. Баталин Б.С., Сарайкина К.А. Взаимодействие базальтового волокна с цементным камнем // Базальтовые технологии. – 2013. – № 2. – С. 91.

8. Кмечова V., Stefunkova Z. Effect of basalt powder on workability and initial strength of cement mortar // Civil Engineering and Architecture Research. – 2014. – № 4. – P. 260–267.

9. Uneic S., Кмечова V. The effect of basalt powder on the properties of cement composites // Procedia Engineering. – 2013. – № 68. – P. 51–56.

10. Сарайкина К.А., Голубев В.А., Семкова Е.Н. Щелочестойкость базальтового волокна и способы ее повышения // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. – 2012. – № 1. – С. 185–192.

Получено 19.10.2016

Пагина Любовь Викторовна – магистрант, строительный факультет, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: luboff90@mail.ru.

Дадунашвили Диана Амирановна – инженер-технолог, ООО «Кедрон», г. Пермь, e-mail: dda@kedron.ru.

Научный руководитель – **Сарайкина Ксения Александровна**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительный инжиниринг и материаловедение», строительный факультет, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: k.a.saraykina@pstu.ru.